

**PROSTŘEDÍ KALIBRAČNÍCH LABORATOŘÍ  
HMOTNOSTI, TLAKU A FREKVENCE**

**M30/98**

**Zpracovatel:**

**Ing. Antonín Chybík**

**listopad 1998**

## **OBSAH**

I. Úvod

II. Kalibrace prováděné ve vybraných laboratořích

III. Vlastnosti společné všech vybraným laboratořím

III.1 Projektování laboratoří

III.1.1 Nová laboratoř

III.1.2 Existující laboratoř

III.2 Analýza vybraných společných kritérií

III.2.1 Požadavky kladené na teplotu, vlhkost a tlak vzduchu v kalibrační laboratoři

III.2.2 Požadavky kladené na vibrace

III.2.3 Požadavky kladené na zdroj a rozvod elektrické energie

III.2.4 Požadavky kladené na uzemnění

III.2.5 Požadavky kladené na ochranu před elektrostatickým výbojem

III.2.6 Požadavky kladené na ochranu před rušivými elektromagnetickými vlivy

III.2.7 Požadavky kladené na osvětlení

III.2.8 Požadavky kladené na čistotu prostředí

III.2.9 Požadavky kladené na komunikační a datové systémy

III.2.10 Požadavky kladené na pomocné technické prostory

IV. Specifické vlastnosti jednotlivých laboratoří

IV.1 Laboratoř hmotnosti

IV.2 Laboratoř tlaku

IV.3 Laboratoř frekvence

IV.4 Potřebné plochy

V. Závěr

## I. ÚVOD

Účelem této práce je zpracování požadavků na prostředí souvisejících s přípravou stavby nových kalibračních laboratoří nebo s rekonstrukcí laboratoří stávajících. Snaží se odpovědět na některé otázky, které vyvstanou v případě, že je zvažován projekt laboratoře určitého oboru měření. Práce má poskytnout odpovědným pracovníkům metrologie a zainteresovaným projektantům či konstruktérům informace, týkající se požadavků na prostředí kalibrační laboratoře v oborech měření hmotnost, tlak a frekvence.

Pracovníkům metrologie jsou poskytovány informace jako doporučení v takovém rozsahu, jaký potřebují při specifikování svých požadavků projektantům a konstruktérům, aby mohla být zabezpečena správná činnost projektovaných laboratoří a současně aby mohla být prováděna kontrola parametrů jejich prostředí .

Práce se zabývá nejen stanovením požadavků na prostředí kalibračních laboratoří, ale snaží se také najít způsob jejich zabezpečení. Po přehledu kalibrací prováděných ve vybraných kalibračních laboratořích je věnován prostor vlastnostem společným všem uvedeným laboratořím, načež jsou uváděny požadavky na speciální vlastnosti jednotlivých laboratoří. V jejich závěru jsou formou tabulek uváděny přehledy požadavků kladených na jejich prostředí. Tyto jsou zpracovány pro čtyři kategorie, přičemž základním kritériem jejich členění jsou nejlepší schopnosti měření. První skupina by se měla týkat především pracovišť státní metrologie, poslední pak metrologicky nejslabších kalibračních laboratoří.

Práce poskytuje technická hlediska a základy projektu prostorů, v nichž je prováděna kalibrace daných oborů měření, současně však uvádí i nejdůležitější požadavky kladené na pomocné technické prostory.

Vzhledem k tomu, že prostředí je ovlivňováno vnějšími vlivy, je v ní věnován určitý prostor i umístění kalibračních laboratoří.

## II. KALIBRACE PROVÁDĚNÉ VE VYBRANÝCH LABORATOŘÍCH

V uvažovaných vybraných kalibračních laboratořích se provádějí kalibrace měřidel následujících rozsahů a dovolených chyb:

### Laboratoře hmotnosti

- hmotnost	1 mg až 500 kg	0,005% až 1%
------------	----------------	--------------

### Laboratoře tlaku

- přetlak	0 až 1 Gpa	0,005% až 5%
- podtlak	od 10 Pa	0,01%
- absolutní tlak	od 10 Pa	0,01%

### Laboratoře frekvence

- frekvence	1 Hz až 1000 MHz	$10^{-11}$ až $10^{-3}$
-------------	------------------	-------------------------

### III. VLASTNOSTI SPOLEČNÉ VŠEM UVÁDĚNÝM LABORATOŘÍM

Na kalibrační laboratoře různých oborů měření je kladena celá řada požadavků. Některé z nich jsou pro všechny stejné či podobné, jiné jsou specifické třeba i jen pro laboratoř jednoho oboru měření.

Přehled požadavků na prostředí kalibračních laboratoří:

- teplota
- vlhkost
- barometrický tlak
- vibrace
- elektrické napájení
- elektrostatické výboje
- rušivé elektromagnetické vlivy
- způsob uzemnění
- čistota prostředí
- osvětlení
- bezpečnost práce a zdraví

V následující části budou uvedeny požadavky na prostředí společné pro všechny tři dané kalibrační laboratoře.

Dříve než budou analyzovány výše uvedené požadavky na prostředí kalibračních laboratoří, je třeba si uvědomit, že vlastnosti prostředí se začínají tvořit v okamžiku vzniku myšlenky na vybudování nové nebo na úpravu stávající kalibrační laboratoře. Proto se bude další část věnovat výběru umístění laboratoře a projektové činnosti spojené s jejím vybudováním.

#### III.1 Projektování laboratoře

Při projektování nebo úpravě kalibrační laboratoře se často setkáváme s následujícími problémy:

- Nejsou k dispozici předpisy či doporučení, které by definovaly požadavky na prostředí kalibračních laboratoří.
- Osoba (většinou někdo v kalibrační laboratoři), která stanovuje požadavky na vybavení, není seznámena s termíny projektu, časovými a pohybovými studii a s dalšími hledisky průmyslové, elektrické a mechanické techniky, které jsou nezbytné pro vytvoření správného rozvržení nebo projektu laboratoře.

- Projektanti, kteří zpracovávají projekt, nejsou seznámeni nebo mají malou zkušenost se specifickými požadavky kalibračních laboratoří na prostředí a konstrukci.
- Stavební společnosti a jejich subdodavatelé nejsou seznámeni se specifickými požadavky kalibračních laboratoří na prostředí a konstrukci.
- Velmi častým jevem je, že až po nějaké době od dokončení laboratoře se zjistí vážné konstrukční nedostatky. Proto by např. vytápění, ventilace a klimatizace měly být zkoušeny takovým způsobem, aby se zjistila správná činnost nezávislá na změnách teploty vnějšího vzduchu a vlhkosti v průběhu ročních období.
- Proto, aby mohl být projekt laboratoře realizován, musí jeho uživatel v souladu s ostatními zainteresovanými osobami definovat požadavky na vybavení, které vychází ze specifických technických požadavků.
- Před započítím projektu je třeba, aby byly definovány požadavky na počet místností a jejich velikost, požadavky na vnitřní vybavení a prostorové využití, pracovní prostory, počet pracovníků (potřebné pro stanovení tepelného zatížení), zařízení a vnitřní vybavení.
- Jakmile je stanoveno, čím bude daný prostor z hlediska fyzických rozměrů vybaven, lze vytvořit prostorové rozložení. Po provedení rozboru jednotlivých prostorů a jejich náčrtu, lze realizovat rozvržení vnitřního vybavení. Je třeba mít na paměti, že některé činnosti nesmějí být v blízkosti činností jiných. Například zařízení, které vibruje nebo vytváří rázy, nesmí být v blízkosti kalibračních oblastí, protože vibrace mohou ovlivnit výsledky prováděných kalibrací.
- Po dokončení rozvržení laboratoří a rozvrhu umístění lze definovat jednotlivé strukturální, mechanické, elektrické a instalační specifikace, které vycházejí z přístrojového vybavení, vnitřního vybavení a z pracovníků, kteří budou vybavení používat. Nesmí se zapomenout na měřicí zařízení zákazníka, která budou kalibrována.
- Jednotlivé požadavky na prostředí se mohou a obvykle budou lišit i u laboratoří stejných oborů měření různých firem. Je třeba si uvědomit, že při stanovení požadavků na prostředí laboratoře se bude vycházet z použitých etalonů, kalibrovaných zařízení zákazníka a ze stupně přesnosti kalibrací.
- Po dokončení realizace projektu je třeba provést přejímkové zkoušky definovaných kritérií.
- Některé zkoušky bude nutné provádět v určitém časovém období, tedy při teplotě a vlhkosti v kalibračních prostorách v průběhu změn ročních období.
- Aby se předešlo případným nedorozuměním lze doporučit, aby přejímací zkoušky prováděla třetí strana. Pro provedení některých zkoušek (například zkouška teplot a teplotních gradientů, proudění vzduchu, rušivá napětí) je vhodné najat si externí konzultanty.

### III.1.1 Nová laboratoř

- Výběr umístění nové laboratoře by měl být pečlivě zvážen. Požadavky na výběr umístění by měly být definovány a vyhodnoceny při tvorbě rozvrhu umístění. Rozvrhy umístění by měly být uchovány pro budoucí možné potřeby.
- K laboratorním prostorám by měla vést nebo být vybudována kvalitní silnice, měly by být zajištěny zdroje energie, vody a zemního plynu, v blízkosti by měla být zastávka veřejné dopravy, měl by být zajištěn přístup pro zaměstnance i pro zákazníky.
- Mělo by být známo, zda v okolí existuje dostatek místa pro možné rozšíření, pokud by docházelo k většímu pracovnímu vytížení nebo změnám prováděných kalibrací.
- V oblastech velkých dešťů nebo sněžení je důležitá možnost odvedení zemní povrchové vody.
- Umístění laboratoře by mělo být na druhé straně dostatečně izolované, aby vyhovělo jiným konstrukčním požadavkům (například nízké rušivé vf napětí a vibrace). Příčinou kalibračních chyb může být vnější elektromagnetická interference/vysokofrekvenční interference (EMI/RFI), jejichž zdrojem jsou rozvodné elektrické vodiče (zvláště pak s vysokým napětím), rádiové a televizní vysílače, mikrovlnné antény a provoz letadel.
- Měla by být známa vhodnost půdy pro uzemnění, na základě níž se rozhodne o systémech použitého uzemnění.
- Vnější vibrace způsobené silničním provozem nebo výrobním procesem může ovlivnit výsledky prováděných kalibrací.
- Jestliže se budou používat etalony, u nichž gravitační zrychlení ovlivňuje měření, pak je třeba provést také průzkum místní gravitace. Příkladem mohou být zařízení se závažím a kapacitní manometry, u nichž se používají závaží nebo sloupce tekutiny pro vyvolání nebo měření kalibračních tlaků překračujících přesnost 0,1%. Měření gravitačního zrychlení by mělo být provedeno na skutečném místě, kde se dané přístroje budou používat. Hodnota gravitačního zrychlení by měla být zapsána na vhodné nivelizační značce a dokumentace by měla být uchována pro budoucí použití.

### III.1.2 Existující laboratoř

V průběhu používání kalibrační laboratoře se mohou vyskytnout změny, které ovlivňují její činnost. Jedná se o změny vnější a vnitřní.

Z vnějších změn je to například instalování nového elektrického vedení v blízkosti laboratoře, což může způsobovat nežádoucí EMI.

Pokud jde o změny vnitřní, je třeba mět na mysli jednak zavedení doplňkových služeb jako je elektronické a mechanické čištění a oprava zařízení, které mohou vyvolat nežádoucí mechanické vibrace a elektrické rázy a dále pak realizaci rozšířených činností laboratoře.

Na všechny tyto změny musí vedení kalibrační laboratoře reagovat tak, aby nedocházelo ke zhoršení prováděných činností.

Zvažování vlivu změn na výsledky kalibrací je třeba provádět při plném vytížení laboratoře po jejím doplnění o nová zařízení nebo realizaci úprav vybavení nebo rozšiřující projekt.

## **III.2 Analýza vybraných společných kritérií**

### **III.2.1 Požadavky kladené na teplotu, vlhkost a tlak vzduchu v kalibrační laboratoři**

Prostředí kalibračních laboratoří je zajišťováno pomocí systémů pro vytápění, ventilaci a klimatizace. Nejdůležitější z nich je teplota, dále pak vlhkost a tlak vzduchu v místnosti.

Primárně sledovanou veličinou v kalibračních laboratořích je teplota. Požadavky na teplotu uvnitř kalibrační místnosti jsou dány oborem měření a požadovanou přesností měření. Při sledování teploty je významným faktorem také tepelné zatížení způsobené používaným zařízením a personálem. Jako referenční teplota se používá v některých oborech měření 20° C, jinde je to 23°C. Kromě mezní teploty jsou kladeny v teplotní oblasti též požadavky na její časovou stabilitu a gradient teploty. Poslední dva požadavky jsou obvykle tvrdším kritériem než dodržování mezní teploty.

Celá řada oborů měření vyžaduje, aby byla dodržována vlhkost v určitém rozmezí. Horní mez relativní vlhkosti se u špičkových kalibračních laboratoří stanovuje většinou na hodnotu 50%, především pro zamezení koroze kovů s obsahem železa. U ostatních kalibračních laboratoří se horní mez posouvá až na 70%. Tato hranice by neměla být nikdy překročena. Dolní mez relativní vlhkosti se stanovuje na 20% jednak pro snížení nebezpečí elektrostatického výboje, jednak pro vytváření vhodných pracovních podmínek zaměstnanců laboratoře.

Tlak vzduchu v prostoru lepších kalibračních laboratoří se udržuje většinou na přetlaku o hodnotě (10 až 20) Pa. Přetlak vzduchu zamezuje tomu, aby se při otevření dveří, které jsou součástí vzduchového zámku, dostal do kalibračních prostor znečišťující prach.

Při zjišťování požadavků na teplotu, vlhkost a tlak je třeba brát do úvahy následující faktory:

- požadovaná jmenovitá teplota a její dovolené tolerance
- rozložení teploty v místnosti
- odchylka teploty v místnosti za hodinu
- dovolené rozmezí relativní vlhkostí
- změna relativní vlhkostí za hodinu



- průběh počasí v místě laboratoře v uplynulém období
- kolísání vnější teploty a vlhkosti
- vnější přísun tepla nebo chladu způsobený slunečním zářením nebo větrem
- umístění střechy budovy a vnějších stěn ve vztahu k převládajícím větrům a pohybu slunce
- tepelné zatížení pracovníků laboratoře a jejich pohyb v rozsahu dané oblasti
- vnitřní tepelné šíření od osvětlení
- tepelné zatížení způsobené použitým laboratorním zařízením
- schopnost justace vytápěcího, ventilačního a klimatizačního systému na změny tepelného
- zatížení a vnější změny barometrického tlaku, teploty a vlhkosti

Ne všechny činnosti prováděné v kalibrační laboratoři i u stejného oboru měření musí vyžadovat stejně přísné požadavky na prostředí laboratoře. Pro kritická měření mohou být potřebné samostatné prostory s přísnějšími požadavky. Naopak pro jiná měření se mohou použít prostředí s méně a někdy i hodně méně přísnými požadavky. To by mělo posoudit vedení kalibrační laboratoře na základě provedeného rozboru měření a rozboru charakteristik prostředí zařízení, které se bude používat. Pro laboratoře vyššího řádu by měl být nezbytný rozbor nejistoty měření.

Na základě výše uvedeného je třeba definovat specifikace systému pro vytápění, ventilaci a klimatizaci. Jeho součástí musí být též kontrolní systém vytápění, ventilace a klimatizace.

Kontrolní systémy se od sebe navzájem liší. Každý kontrolní systém by měl snímat vstup a poté aktivovat regulaci příslušného prostředí podle požadovaných parametrů. Podle požadované citlivosti je třeba zvolit a použít snímače a kontrolní okruhy.

Pro správnou kontrolní činnost je velmi důležité umístění snímačů. Ty by měly být v největší blízkosti příslušného pracovního kalibračního prostoru, jak je to jen prakticky možné. Je třeba se vyhnout umístění snímačů v místech, kde není žádný pohyb vzduchu, a v místech, kde proudění vzduchu má chladící účinky a způsobuje tak chybné odečítání. Snímače by neměly být umístěny na stěnách nebo v prostorách, kde teplota nebo vlhkost nejsou významně ovlivněny regulací. V kritických oblastech měření je velmi důležitá stabilita a doba odezvy snímačů.

Kontrolní okruhy jsou nezbytné pro kontrolu a nastavení vstupních parametrů vytápěcího, ventilačního a klimatizačního systému na požadované tolerance teploty a vlhkosti, kolísání a gradienty. Pro přepínání mezi horní a dolní kontrolní mezí teploty a vlhkosti lze použít jednoduché přepínání okruhu (zapnuto/vypnuto). Jestliže je na dolní mezí hodnotě potřebný přívod tepla a posléze dojde k přepnutí na chladicí část daného systému, pak se projeví časový pilový pohyb nahoru a dolů. Pro přesnější sledování podmínek je nutný souvisle pracující kontrolní okruh, který zajišťuje souvislý přechod mezi úplným zapnutím a vypnutím. Přesná měření mohou vyžadovat proporcionální, integrální a derivační kontrolní systémy, které poskytují okamžitou odezvu na trvalou odchylku.

V kritických prostorách je vhodné nainstalovat poplašné systémy pro registraci stavu prostředí mimo tolerance.

Hodnoty teploty a vlhkosti v dané kalibrační oblasti je třeba neustále zaznamenávat. Aby bylo možné tento požadavek plnit, je třeba instalovat systémy pro průběžné záznamy. Při volbě záznamových zařízení by se měla zvážit rozlišitelnost, požadovaná přesnost a doba odezvy. Kritická prostředí vyžadují okamžitou časovou odezvu a značnou přesnost. Záznamová zařízení mají mít snímače umístěné co možná nejbližší oblasti měření v monitorovaném kalibračním prostoru.

### **III.2.2 Požadavky kladené na vibrace**

Při měřeních hmotnosti a tlaku je potřeba brát do úvahy vliv vibrací na výsledky měření. Projevuje se především při práci s rtuťovými sloupci a u hmotnostních vah.

S vibrací je třeba se zabývat dávno před započítím výstavby kalibrační laboratoře, přesněji nejpozději v době zpracování jejího projektu. Tehdy je třeba stanovit, jak je dané místo citlivé na možné vibrace. Po zvolení místa je třeba provést opatření k minimalizaci vlivu vibrací na kvalitu výkonů kalibrační laboratoře.

Kalibrační laboratoře umístíme v klidném, bezotřesovém prostředí. Měly by být vzdáleny od těžkých provozů a pokud to není možné pak od nich alespoň stavebně odděleny, aby se otřesy nepřenášely stavebními konstrukcemi. Neměly by být umístěny ve vyšších podlažích. Nejvýhodnější umístění kalibrační laboratoře citlivé na vibrace je v suterénu nebo přízemí. Použít lze maximálně 1 patro.

Minimalizování vibrace spočívá ve snížení jejího vlivu na výsledky prováděných činností pomocí specializovaných nárazových podložek, vzduchových polštářových podpor nebo použitím izolovaných masivních bloků. Tam, kde je to možné, by měly být zařízení vyvolávající vibrace, jako jsou ventilátory, kompresory, vytápěcí a klimatizační jednotky, čerpadla, transformátory, umístěny na samostatných izolovaných podložkách.

V laboratořích, kde není možné použít rozsáhlou izolační techniku, by se měly použít pracovní stoly namontované na vibračních izolátorech nebo na vzduchových podložkách. Tyto pomůcky pomohou snížit vibrace přenášené na citlivé měřicí vybavení, které je v kontaktu s těmito povrchy.

Blíže viz IV.1 Laboratoř hmotnosti.

### **III.2.3 Požadavky kladené na zdroj a rozvod elektrické energie**

Úvodem této části je třeba si uvědomit následující:

I v oborech jiných, než jsou elektrické veličiny, se požadavky na elektrické parametry musíme zabývat. Elektrická energii je využívána k napájení celé řady měřicích zařízení použí-

vaných v řadě jiných oborů. Velká část měřících zařízení, ať kalibrovaných nebo používaných ke kalibraci měřidel jiných oborů měření, používá převodu dané fyzikální veličiny na veličinu elektrickou, kterou pak jako elektrickou zpracovává. Následující část se bude zabývat více-méně problematikou související s napájením uváděných zařízení.

Zajištění odpovídajícího elektrického zdroje pro současné i budoucí požadavky vyžaduje pečlivý rozbor množství požadavků na zdroj, který bude potřebný pro instalovanou pevnou i přenosnou zařízení. Proto by měl být rozbor požadavků na zdroj pro jednotlivé oblasti měření prováděn v době projekce.

Rozbor požadavků na zdroj a rozvod elektrické energie by měl zvažovat: napětí zařízení, odebíraný proud, druh zásuvky, umístění zařízení, schopnost přenosu, umístění zásuvek a výška montáže a také předpoklady vývoje. Centra pro rozvod energie a pružné zdrojové kabely zajišťující vynikající přizpůsobivost v prostorech, které používají dvojité podlahy. Jestliže je použit přizpůsobivý rozvodný systém, pak by kabely měly mít dostatečnou délku, aby dosáhly do nejvzdálenějších bodů v příslušné aplikační oblasti.

Převážná většina etalonů i pracovních měřidel uvažovaných oborů měření je konstruována tak, aby dobře pracovala i při kolísání napájecího napětí v hodnotě  $\pm 10\%$ . Jen některá starší zařízení mohou vyžadovat užší tolerance. Je výhodné instalovat místo jednoduchých zásuvek dvojité.

V některých kalibračních laboratořích se neobejdeme bez používání motorgenerátorových souborů, regulátorů napětí a velkých nepřerušitelných napájecích zdrojů. Výše uvedené tvoří mimořádně životaschopné vybavení. Je však často příliš nákladným vybavením. Proto je někdy méně nákladnou možností pověřit regulaci napětí a příslušnými úpravami vedení příslušný energetický rozvodný podnik.

Jednou z možností rozvodného podniku je instalovat z nejbližšího rozvodny do laboratoře samostatný elektrický přívod, na který nebude připojen žádný jiný zákazník. Je pravda, že to bude stát peníze, výhodou však je, že rozvodný podnik by byl odpovědný za dodržování sjednaných parametrů dodávané elektrické energie a také za dlouhodobou údržbu přívodu. Samostatné elektrické přívody mohou zajišťovat ochranu před změnami parametrů. Pokud jsou do takové sítě začleněny napěťové regulační systémy, pak lze minimalizovat napěťové přechodové jevy i při náběhu elektromotorů či jiných energeticky těžkých zařízení.

Pravděpodobně nejhorším zdrojem poruch v elektrickém vedení je výtahový elektromotor. Výtahy jsou nezbytné ve vícepodlažních budovách. Jestliže má však budova pouze dvě nebo tři podlaží, pak hydraulický výtah poskytuje možnost s nižšími elektrickými poruchami.

Etalony a další měřící zařízení nemusí být schopny snášet bez vážných následků dlouhodobé výpadky elektrické energie. V těchto případech je nezbytné používat automatické nouzové zdrojové okruhy.

V následujícím budou uvedeny výhody a nevýhody různých možných zdrojů:

a) Nepřerušitelné napájecí zdroje

Jedná se o napájení z místních akumulátorů. Tento způsob napájení má svoje výhody i nevýhody.

Výhody: Použitím místních akumulátorů se zabráňuje výpadkům zdroje. Poskytují ochranu před napěťovými přechodovými jevy,

Nevýhody: Akumulátory dodávají jen stejnosměrný proud. Akumulátory mají být pravidelně podrobeny servisu a zkoušce zatížení. Vyžadují-li se větší odběry, jsou použité akumulátory rozměrné a těžké. Je třeba provést opatření, aby se zabránilo připojení zátěží, které nepotřebují tuto úroveň ochrany. Akumulátory je třeba umístit v samostatné větratelné místnosti.

b) Soupravy s motorgenerátorem

Výhody: Lze je dostatečně dimenzovat pro napájení všech základních zatěžovacích prvků.

Nevýhody: Pokud nejsou v provozu, nemohou zajistit ochranu před napěťovými přechodovými jevy. Jsou-li určeny k napájení nouzového osvětlení, pak nemusí být regulovány a mohou být zdrojem interference.

c) Soupravy s motorgenerátorem v kombinaci s nepřerušitelným napájecím zdrojem

Výhody: Tento druh napájení elektrickým proudem je pravděpodobně základní, i když ne nejčastěji používaný. Poskytuje ochranu proti napěťovým přechodovým jevům. Tato kombinace může využívat mnohem menší baterii, protože daná baterie potřebuje pouze kapacitu pro podporu zátěží v období, než motor naběhne, dostane se na odpovídající rychlost a mírně se před použitím zátěže nahřeje.

Nevýhody: Velmi vysoké náklady, vyžaduje kontrolu, aby se předešlo situaci, kdy by byly připojeny velké cyklické zátěže. Vyžaduje místnost pro akumulátor a údržbu akumulátoru.

d) Soupravy se synchronním motorgenerátorem

Výhody: Poskytuje ochranu před napěťovými přechodovými jevy.

Nevýhody: Neposkytuje ochranu před výpadky zdroje.

Tam, kde je to možné, by mělo být vnitřní elektrické vedení instalováno uvnitř kovových trubek zapuštěných do stěn. To proto, aby se udržovala magnetická interference na minimu. Těchto kovových trubek nesmí však být použito jako uzemňovacích vodičů, neboť v důsledku zhoršení spojů může časem dojít ke ztrátě nízkého odporu uzemnění a tím k nedostatečnému zajištění bezpečnosti práce.

Vypnutí nebo odpojení nouzového elektrického zdroje by mělo být prováděno v centrálním místě každé kalibrační místnosti. Tato vypnutí by měla být velmi dobře označena, musí k ní být volný přístup a měla by mít blokovací systém. Neměla by vypínat stropní světla.

Umístění zásuvek by mělo být zváženo z následujících hledisek:

- zásuvky vysoko na stěně pro nástěnné hodiny nebo pro přenosná nouzová světla
- zásuvky uprostřed stěny pro připojení pracovních stolů umístěných podél stěn
- zásuvky instalované v podlaze nebo na podporách pro připojení k pracovním stolům umístěným směrem od stěny do středu dané místnosti. Je však třeba si uvědomit, že zásuvky instalované na podlaze jsou náchylné ke korozi způsobené tekutinami, používanými pro čištění podlahy.

Pokud se používají v kalibrační laboratoři zásuvky na různé druhy napětí (220V, 115V, 36V, 28V), různé frekvence (50Hz, 400Hz) nebo různý počet fází (jednofázové, třífázové), lze doporučit, aby byly příslušně označeny. Je to výhodné, přestože pro různé druhy napětí jsou používány různé druhy zásuvek.

Lze doporučit instalaci dostatečného počtu zásuvek, který by umožňoval budoucí změny prostorového rozvržení v důsledku potřeb pracovníků, přemístění měřicích systémů pro vyvážení tepelného zatížení nebo dodání nových měřicích zařízení. Doporučuje se umístit na každé dva metry každé stěny dvě dvojité zásuvky. V prostorách, kde se používají hořlavé materiály, je třeba instalovat zásuvky odolné vůči explozi.

Hlavní zdrojové panely by měly být umístěny uvnitř budovy, aby k nim byl pohodlnější přístup. Měly by být označeny tak, aby udávaly umístění každého přívodu číslem místnosti, jeho umístění na stěně, zásuvku nebo měřicí systém. Dále by měly být opatřeny systémem pro vypnutí a blokování.

Je třeba dbát, aby intenzita proudu potřebná pro každou zásuvku byla odpovídající a aby byl na každém přívodu použitý vhodný obvodový jistič.

V závislosti na požadavcích na regulaci, zkreslení, frekvenci a napětí mohou hlavní zdrojové přívody vyžadovat regulaci, zlepšení charakteristik nebo možná převod na jinou frekvenci a napětí. Všechny tyto konstrukční požadavky závisí na zařízení provozovaném v dané budově.

V závěru této části je potřebné uvést, že je vyžadováno, aby projektant dimenzoval přívodní elektrické vedení jednotlivých laboratoří vysoko nad hodnotou proudu, který daná současná zařízení běžně odebírají. Jinými slovy, aby instalovaný zdroj pro laboratorní zařízení byl mnohem výkonnější než je v současné době požadováno. Tato skutečnost má zvláštní význam v případech, kdy je vyžadována značná pružnost umožňující provádění úprav daného zařízení bez potřeby zvláštních vedení kromě toho, které je uvnitř příslušné laboratorní místnosti. Znamená to možnost snížení vlivů poklesů napětí na vnitřních vedeních, které mohou být jinak velmi problematické.

### III.2.4 Požadavky kladené na uzemnění

V předcházející části bylo hovořeno o tom, že i v jiných oborech měření, než jsou elektrické veličiny, se velmi často používají elektrická zařízení. Základním předpokladem pro bezpečnost personálu a pro integritu měření je vhodné uzemnění, kterému je věnována následující část.

Pokud to půda a podnebí dovolují, lze jako nejjednodušší uzemnění použít tyčový systém vhodně uložený do země. Pokud je to nedostačující, použije se uzemňovací mřížka. Při některých umístěních je třeba pro zachování správného uzemnění použít mřížku s aplikací chemikálií nebo se stálou aplikací vody.

Pro stanovení druhu potřebné mřížky by se měla provést zkouška půdních charakteristik. Mřížka by měla být uložena do takové hloubky, jaká odpovídá měrnému odporu půdy. Mřížka by se měla skládat ze sítě kovových pásů, vodičů, kabelů nebo jiného druhu kvalitního vodivého materiálu, nejlépe mědi. Všechna spojení (zejména ta pod zemí) musí být spájena nebo svařena, aby se předešlo poškození v průběhu určitého časového období.

Elektrické uzemňovací systémy musí být provedeny tak, aby odpovídaly bezpečnosti práce pracovníků a zařízení následovně:

- elektrické systémy musí odpovídat příslušné ČSN
- stejnosměrný odpor mezi společným bodem spojení a zemí uzemňovacího elektrického systému nesmí překročit  $3 \Omega$
- pláště elektrických vodičů, pouzdra přístrojů nebo kostry motorů musí být propojeny pomocí uzemňovacího systému zařízení, který musí splňovat požadavky příslušné ČSN
- 1x ročně nebo okamžitě po provedení nějaké opravy nebo po nahrazení stabilně instalovaného elektrického zařízení nebo elektrického vedení budovy musí být znovu kontrolován stejnosměrný odpor bezpečnostního uzemnění. Proto musí být uzemňovací spoje snadno trvale přístupné a srozumitelně označené
- pokud jsou v kalibrační laboratoři používány kovové stoly, je třeba propojit uzemňovací vodiče s opletením nebo kovovými stoly a elektrickým uzemňovacím systémem
- používají-li se v kalibrační laboratoři měděné sběrníkové uzemňovací pásy montované na stěnu a připojené k nezávislému uzemnění, nesmí tyto přijít do kontaktu s ostatním uzemněním, s kovovými stěnovými podporami, elektrickými krabicemi nebo potrubím.
- jestliže se používá samostatné uzemnění zdroje a uzemňovací sběrnice zařízení, pak má být každé samostatně upevněno pouze k jednomu a pouze k jednomu bodu mřížky.
- stejnosměrný odpor uzemnění se sběrníkovým uzemňovacím páskem se stanoví obvykle na  $1 \Omega$  nebo menší.

V závěru této části je třeba uvést, že správné uzemnění zemnicího vedení musí být odzkoušeno odbornými pracovníky při přejímce elektrické instalace nově budovaných nebo upravených kalibračních laboratoří a musí být o něm proveden záznam.

### III.2.5 Požadavky kladené na ochranu před elektrostatickým výbojem

Ve všech uvažovaných oborech měření je důležité vystříhat se elektrostatických výbojů. Bylo již řečeno, že velká část měřicích zařízení, ať kalibrovaných nebo používaných ke kalibraci měřidel jiných oborů měření, používá převodů dané fyzikální veličiny na veličinu elektrickou, kterou pak jako elektrickou zpracovává. V nich jsou používány různé elektrické nebo elektronické součásti citlivé na potenciální ničivé elektrostatické napětí. Toto napětí běžně vzniká při manipulaci s materiály, mezi něž je třeba zařadit především sklo, gumu, vláknité sklo a běžné plasty jako jsou polyetylenové, vinylové, pěnové, polyuretanové a jiné běžně používané materiály. Tyto a jiné materiály mohou při prokluzování, tření nebo jejich vzájemném oddělování vyvolat elektrostatické napětí až řádu několika desítek tisíc volt.

Mohly by poškodit nebo zničit kalibrované přístroje (např. elektronické váhy, převodníky tlaku, čítače) nebo měřicí zařízení použité při jejich kalibraci.

Možný vliv elektrostatického výboje na elektrické a elektronické součásti nemusí být možné zcela rozeznat. Tento fakt je důsledkem skutečnosti, že závadu způsobenou elektrostatickým výbojem není možné rozlišit. Závady způsobené elektrostatickým výbojem lze připsat i jiným příčinám jako je nadměrné zatížení zařízení, jeho výrobní vada nebo náhodné selhání. Na vině je někdy i neadekvátní rozbor závady.

Ochranu elektrických a elektronických součástek, jejich podsestav a sestav lze zajistit pomocí aplikace kontrol, mezi které patří i školený personál a zkoušení postižených součástek. Nedostatky v důsledné kontrole mají za následek poruchové prostoje zařízení, vysoké náklady na opravu nebo nesprávnou činnost součástky nebo celého zařízení

Zvláštní pozornost je třeba věnovat výběru a instalaci zařízení sloužícího pro upozornění na výskyt zvýšeného nebezpečí elektrostatického výboje, případně určeného pro zamezení elektrostatického výboje.

Statickou elektřinu lze vyvolat vzájemným třením dvou látek. Její velikost závisí v první řadě na velikosti, tvaru, složení a elektrických vlastnostech látek, z nichž jsou tělesa vyrobená. Uvedené vlastnosti se mění v závislosti na čistění povrchu, na vnějších podmínkách, na kontaktním tlaku, na rychlosti tření nebo vzájemného oddělení, na kluznosti.

V podstatě se dá říci, že statickou elektřinu vyvolávají izolátory a látky obsahující syntetické materiály, jako jsou následující:

- navoskované, natřené nebo nalakované povrchy, běžný vinyl nebo plasty používané jako pracovní povrchy
- zatavený beton, navoskované, upravené dřevo, běžné vinylové dlaždice používané jako podlahy
- pracovní oděv pro čisté prostory, syntetický oděv zaměstnanců, nevodivá obuv používaná k ošacení nebo obutí
- upravené dřevo, vinyl, vláknité sklo používané na židle
- běžné plasty (tašky, obálky, obaly) používané při balení a manipulaci
- sprejové čisticí prostředky, plasty, pájky, pevné kartáče se syntetickými štětinami, čištění nebo sušení tekutinou nebo vypařováním, teplotní komory, teploměry, ventilátory

Elektrické a elektronické součásti jsou náchylné na zničení, jestliže se mezi jejich svorkami projeví elektrostatický výboj a jestliže jsou tyto části vystaveny vlivu elektrostatického pole. Části citlivé na elektrostatický výboj mohou být tímto výbojem zničeny tehdy, když je jeden vývodní kolík připojen na zdroj vysokého napětí a ostatní kolíky jsou neuzemněny. Je třeba upozornit, že například dotykem rukou vstupních svorek některých, na elektrostatický výboj citlivých měřicích zařízení, je možné na ně přenést dostatečně velký elektrický náboj, způsobující poškození nebo zničení jeho vstupních obvodů.

Velikost elektrostatického napětí se při jiných nezměněných podmínkách značně mění s relativní vlhkostí prostředí, v němž může k výboji dojít. Tak kupříkladu chození po určitém druhu koberců může při relativní vlhkosti 10 až 20 % vyvolat elektrostatické napětí až 35 tisíc volt, zatímco při 60 až 90 % relativní vlhkosti je to jen 1,5 tisíce volt. Právě proto by kalibrace měřidel citlivých na elektrostatický výboj neměla být prováděna při velmi nízké relativní vlhkosti prostředí.

Pro názornost bude v dalším uvedeno, jak velké elektrostatické napětí může v kalibrační laboratoři vznikat při některých často prováděných úkonech při relativní vlhkosti 10 až 20%:

- |  |          |
|--|----------|
| • chození po vinylové podlaze:                         | 12 000 V |
| • pohyb pracovníka u pracovního stolu:                 | 6 000 V  |
| • zvednutí vinylové obálky pro návody:                 | 7 000 V  |
| • zvednutí plastového pytle ze stolu :                 | 20 000 V |
| • pohyb po pracovní židli vycpané polyuretanovou pěnou | 18 000 V |

Kontrola elektrostatického výboje vyžaduje chráněný prostor, jehož součástí jsou elektrostaticky uzemněné pracovní stoly.

Kdykoliv je s položkou citlivou na elektrostatické napětí manipulováno mimo oblast chráněnou proti elektrostatickému výboji, je třeba provést taková opatření, aby se elektrostatické napětí udrželo pod hranicí citlivosti dané položky. Rozsah této chráněné oblasti závisí na objemu prováděné práce, na financích, které jsou k dispozici a na stupni požadované ochrany.



Pro kalibrační účely by měla chráněná oblast obsahovat také kontrolu vlhkosti, uzemněné pracovní stoly, náramkové zemnicí pásky pro pracovníky, uzemněné nářadí a zařízení, vodivou podlahovou krytinu, vzduchové ionizátory a jiná ochranná zařízení.

Jedním ze základních předpokladů pro činnost v chráněné kalibrační laboratoři je zákaz používání zdrojů statické elektřiny takového typu, jak bylo výše uvedeno.

Prostředí a zařízení lze před elektrostatickým výbojem chránit jedním nebo několika z následujících způsobů:

- použití některého z následujících typů ochranných materiálů
- vodivé ochranné materiály
- statické disipační ochranné materiály
- antistatické ochranné materiály
- použití přenosných nebo pevně nainstalovaných ionizátorů
- použití elektrostatických detektorů
- použití vhodných ochranných podlahových krytin, které mohou být trvalé, polotrvalé a netrvalé
- použití statických čidel a poplašných zařízení
- použití tlumičů přechodových jevů
- použití uzemňovacích pásek pracovníků
- používání vhodného oděvu pracovníků
- použití uzemněných pracovních stolů
- použití bočnickových tyčí, spon a vodivé pěny
- volba vhodné relativní vlhkosti prostředí
- vhodné balení zařízení

### **III.2.6 Požadavky kladené na ochranu před rušivými elektromagnetickými vlivy**

Provoz v kalibrační laboratoři jakéhokoliv oboru měření, pokud se v ní provádí kalibrace měřidel majících něco společného s elektrotechnikou, může být ovlivněn elektromagnetickou interferencí (EMI) nebo vysokofrekvenční interferencí (RFI). Jejich zdroje mohou mít původ ve vnějším nebo vnitřním prostředí. Zdrojem vnějším mohou být např. vodiče elektrického vedení nebo vysílače. Druhou možností je vytváření EMI/RFI v samotné laboratoři, jako je záření vyzařované z přístrojového vybavení nebo z kabelů dodávajících nefiltrovanou elektrickou energii.

Rozsah kontroly EMI/RFI závisí na druhu kalibrovaného zařízení a na zařízení, které se ke kalibraci používá.

Umístění kalibrační laboratoře by mělo brát v úvahu velikost vnější EMI/RFI. Její úroveň rozhodne o tom, zda je dané umístění vůbec pro laboratoř vhodné a jaký rozsah vnitřního stínícího vybavení bude potřebný.

Okolnosti kolem umístění kalibrační laboratoře si mohou vynutit vybudování a používání stíněného prostoru nebo celé stíněné místnosti. Požadavky na hodnoty zeslabení EMI/RFI se pohybují od 40dB do 100dB, úroveň interference po zeslabení by neměla být vyšší než 100 $\mu$ V na metr.

Pro některé druhy měření je důležité správné uzemnění laboratorních prostor. Uzemňovací stejnosměrná sběrnice stíněné oblasti by neměla mít zemnicí odpor větší než 2 $\Omega$ . Střídavá uzemňovací sběrnice by neměla mít zemnicí odpor větší než 5 $\Omega$ .

### III.2.7 Požadavky kladené na osvětlení

Požadavky na osvětlení pracovního prostoru bývají rozdílné podle druhu prováděné činnosti. Lze konstatovat, že v převážné většině prováděných kalibrací je nevhodnějším osvětlení 1000lux, lze vystačit i s 800lux. Podstatnějším než úroveň osvětlení je požadavek, aby osvětlení v kalibrační bylo rovnoměrné, bez stínů.

Pokud se týká osvětlovacích těles, stojí proti sobě dva požadavky. Z důvodů účinnosti a tepelných ztrát by měla být veškerá osvětlení prováděna pomocí zářivek

Naopak v kalibračních laboratořích citlivých na EMI/RFI není vhodné používat zářivky. Pokud je to nezbytně nutné, je třeba zajistit stínění elektromagnetické interference jimi vyzařované.

Proto, aby se zajistilo souvislé tepelné zatížení od osvětlovacích zdrojů se doporučuje, aby byly kalibrační prostory osvětleny nepřetržitě.

### III.2.8 Požadavky kladené na čistotu prostředí

Čistotu v kalibrační laboratoři je třeba dlouhodobě udržovat při všech kalibračních činnostech. Nejde však jen o udržování fungující kalibrační laboratoře. Čistotou se musí zabývat již projektant a stavební firma. Oni by měli být předem informováni o přesně definovaných konstrukčních skutečnostech a návrzích na dodržování čistoty laboratoře. Shoda s těmito požadavky by se měla sledovat v průběhu stavby a během její přejímky.

Zajištění odpovídající čistoty prostředí kalibrační laboratoře spočívá v realizaci následujících opatření:

- konstrukce vytápěcího, ventilačního a klimatizačního systému má poskytovat přetlak vzduchu uvnitř laboratoře, aby se do ní nedostávaly žádné znečišťující látky
- do vytápěcího, ventilačního a klimatizačního systému instalovat elektrické a mechanické vzduchové filtry tak, aby bylo možné zajistit pro dané prostory přiměřenou dodávku čistého filtrovaného vzduchu

- v prostorách produkujících prach nebo kouř instalovat odsávací kryty nebo digestoře
- počet oken, dveří a dalších otvorů minimalizovat
- na vstupu do kalibračních prostor instalovat vzduchové zámky
- instalovat parotěsné zarážky ve stěnách a stropěch
- stěnové průchody pro potrubí, kabely a vzduchové kanálky utěsnit
- utěsnit spojení stěny se stropem
- na vzduchových přívodech a vývodech instalovat vnější izolaci
- přednostně používat bezešvé podlahové krytiny
- v místech, kde se podlahová krytina dotýká stěny položit základové lišty
- instalovat upravené předložky, čističe bot nebo vrstvy pro odstranění prachu z bot v těsné blízkosti vzduchového zámku
- minimalizovat použití dřevěného nábytku. Lze použít dřevěný stůl, jehož horní deska je pokryta laminátem
- čištění zařízení, broušení, vrtání a pájení provádět ve zvláštních prostorách mimo kalibrační laboratoře
- zapustit do stěn přenosné hasící přístroje
- zásoby papíru a papírové soubory ukládat mimo kalibrační prostory
- čisticí prostředky a sanitární zařízení ukládat v samostatném úložném prostoru mimo kalibrační laboratoř
- hořlavé materiály a chemikálie ukládat do samostatného úložného prostoru mimo kalibrační laboratoř
- pro odpočinek, jídlo, případně kouření používat vyčleněných prostor mimo kalibrační laboratoř
- zabránit vstupu nepovolaných osob do kalibračních prostor laboratoře
- provádět pravidelný kvalitní úklid a zabezpečit jeho kontrolu

### III.2.9 Komunikační a datové systémy

Je třeba definovat současné a předpokládané budoucí požadavky na kabelový rozvod komunikačních a datových systémů. Sem patří počítačové systémy používané pro automatické zkoušení, zpracování dat a administrativní činnosti včetně vnitřních komunikačních zařízení.

- Pro snížení vzájemné interference mezi měřeními lze použít vedení s optickými vlákny a kabelových vedení.
- Délka kabelových vedení a druh kabelů jsou důležité v laboratořích provádějících přesná měření.
- Kabelové vedení a spoje skrze stěny nebo ve stěnách by neměly umožňovat znečištění prostředí nebo způsobovat ztrátu přetlaku v kalibračních prostorách
- Hlavní rozvodné kabely by měly být typu stíněných kabelových párů zejména tehdy, používá-li se vysoké rychlosti přenosu

- V místech, kde kabely vstupují do budovy, by měly být na kabelech instalovány tlumiče blesku
- Je nutné provést patřičná opatření k zabezpečení dat
- Běžné řídicí osobní počítače by neměly být umístěny v blízkosti citlivých kalibračních prostor, které by tak mohly být ovlivněny elektromagnetickou interferencí.

### **III.2.10 Požadavky kladené na pomocné technické prostory**

Při projektování kalibrační laboratoře musí být zvláštní pozornost věnována požadavkům na pomocné technické prostory. Tyto požadavky zajišťují funkce nezbytné pro každodenní provoz vlastní kalibrační laboratoře.

Do pomocných technických prostor řadíme:

- místnost pro čištění
- místnost pro opravy
- místnost pro zdroje
- místnost pro instalační vedení

#### **III.2.10.1 Místnost pro čištění**

Pro čištění a omývání zařízení nebo jeho částí je zapotřebí mít k dispozici speciálně vybavenou a izolovanou místnost a tuto k uvedeným účelům používat. Požadavky na uvedenou oblast vyplývají z druhu zařízení, které se má čistit. Ve všech případech však je vhodné, aby byla místnost používaná pro čištění opatřena dřezem z nerezavějící oceli, přívodem teplé a studené vody a odvodem použité vody. Doporučená teplota v místnosti je  $23^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ . Prostor pro čištění a umývání musí být vždy umístěn mimo vlastní kalibrační laboratoř. Měl by mít vybavení, služby, nábytek a příslušné zařízení podle následujícího seznamu:

- jednofázový a třífázový dostatečně silně dimenzovaný přívod elektrického proudu
- přívod stlačeného čistého suchého vzduchu s regulací a filtrováním
- přívod a odtok čisté horké a studené vody
- odsávací větrání :

Prostor pro čištění vyžaduje odsávací větrák a větrací otvor s rychlostí odsávání čelního prostoru  $4 \text{ m}^3$  za minutu.

Sušící pec vyžaduje pro vstup a výstup odvzdušňovacího ventilátoru výměnu vzduchu v místnosti v hodnotě  $6 \text{ m}^3$  za minutu.

Maximální teplota pece je  $72^{\circ}\text{C}$ , je vhodné použít přídavný odsávací větrák.

- vnitřní vybavení:
- průmyslový dřez
- pracovní stůl s horní deskou z nerezavějící oceli a se zahnutými okraji, které ústí do dřezu
- ukládací skříňka pro čisticí prostředky
- plechovky na odpadky
- bezpečnostní značky
- hasicí přístroj
- uložení pro příruční nářadí
- stolička
- doplňkové osvětlení

nářadí/zařízení:

- vakuový čistič dílenského typu
- ultrazvukový čistič
- myčka zkušebního zařízení
- sušící pec
- mechanické nářadí
- vybavení pro ochranu pracovníků

### **III.2.10.2 Místnost pro opravy**

Z provedené kalibrace někdy vyplyne, že kalibrované zařízení nepotřebuje žádnou opravu nebo nastavení. Často však zařízení vyžaduje údržbu, která spočívá nejen v očištění, ale v provedení menšího či většího zásahu. Může se jednat o nastavení metrologických parametrů, ale také o výměnu součástky či celého bloku. Lze říci, že servis zařízení prováděný v místnosti pro opravy zahrnuje celou škálu činností počínaje vizuální prohlídkou až po kompletní rozložení související s nahrazením podstatné součástky nebo opravu obvodu. Druh a rozsah vybavení opravy bude záviset na povaze provozovaného servisu, jeho objemu, počtu zaměstnanců a na servisním zařízení, které bude pro tuto činnost potřebné.

Prostory pro opravy měřicího zařízení mají být fyzicky odděleny od kalibrační laboratoře, ale mají být v její blízkosti. Servis měřicího zařízení vyžaduje použití nářadí, příslušenství a materiálů, které generují prachové částice a dým, což by mohlo zhoršit údržbu čistoty kalibrační laboratoře a mohlo by zničit pečlivě upravené povrchy etalonů. Proto je velmi důležité, aby v prostorách pro servis měřicího zařízení byla rovněž udržována vysoká čistota, aby se tak minimalizovalo jeho znečištění.

Oblast pro servis měřicího zařízení vyžaduje kontrolu prostředí nejen k vůli ochraně zařízení, ale také proto, aby bylo možné provádět kontrolu přesnosti po provedeném nastavení či

jiné opravě, před předáním ke kalibraci. V případě, že se v místnosti pro opravy opravují též tištěné spoje a provádějí se zde další elektrické nebo elektronické opravy, pak je výhodné mít k dispozici odsávanou digestoř a tuto používat.

Pracuje-li se při opravách s elektronickými součástkami, pak je nutné provést opatření pro ochranu před elektrostatickým výbojem. Tato ochrana vyžaduje instalaci a použití vhodné podlahoviny a stolů. V prostorách, kde je vysoké nebezpečí poškození mikroelektronických součástek a obvodů elektrostatickým výbojem, je nutné použít podlahovinu rozptylující statickou elektřinu. Tato podlahovina však nesmí být použita v prostorách pro servis elektrických nebo elektronických prvků tam, kde je elektricky napájené zařízení odkryto za účelem provedení opravy nebo nastavení. Pro ochranu pracovníků před vlivem vysokého napětí by se měla použít vhodná vysoce dielektrická podlahovina raději než podlahovina rozptylující statickou elektřinu. Pracovní stoly používané pro manipulaci s položkami citlivými na elektrostatický výboj by měly mít pracovní povrchy chráněné před elektrostatickým výbojem, a to v celé oblasti, kde budou tyto položky umístěny.

Pro úplný rozsah činností spojených s opravami měřicího zařízení je zapotřebí značné množství různých zařízení, mezi něž patří:

- ukládací police
- ukládací skřínky pro hořlavé materiály
- plechovky pro odpad hořlavých materiálů
- sušičky a myčky zařízení
- ultrazvukové čističe
- místa pro pájení
- posuvné nebo přenosné krabice s nářadím
- stlačený vzduch, zdroj dusíku nebo vakuový zdroj
- odsávací kryty
- náramkové, nožní nebo kotníkové pásky pro kontrolu elektrostatického výboje
- přenosné nebo pevně instalované hasicí přístroje
- ochranné brýle nebo čelní kryt pro práci s horkým roztaveným olovem nebo pro pájení nebo pro práci s korozivními čistícími prostředky
- vylepené instrukce první pomoci
- dřevěná tyč nebo nevodivé lano pro odtažení osoby od živých obvodů
- bezpečnostní značky a instrukce pro pracovníky, kteří pracují s vysokým napětím a vysokým tlakem
- výstražné značky upozorňující na umístění blokovacích ventilů pro tlakové zdroje
- nouzová světla
- nouzový vypínač elektrického zdroje
- izolace hořlavých a nebezpečných chemikálií včetně roztoků používaných pro čištění
- lékárnička první pomoci

- vybavení pro ochranu pracovníků, jako zástěry, rukavice, mechanické ochranné prostředky a ušní chrániče

V místnostech pro opravy by mělo být následující prostředí:

Teplota	
Jmenovitá hodnota	23°C
Tolerance	± 4°C
Rychlost změny	≤ 2°C/hod
Vlhkost	
Rozsah	20 až 60 %
Rychlost změny	≤ 2 %/hod
Částice	
do 1 μm	≤ 1 x 10 <sup>9</sup>
Ventilace	
Změna vzduchu v místnosti	5 až 20/hod
Vibrace	≤ 0,01 g při 200 Hz a nižší
Osvětlení	800 lux plus místní potřeby
Stínění	≤ 100 uV/m
Hluk	≤ 45 dB

### III.2.10.3 Prostory pro mechaniku a zdroje, doplňková zařízení

Místnosti nebo bloky, které obsahují pomocná zařízení pro budovy vyžadují, aby byly tepelně a vibračně izolovány od hlavní budovy. Tyto prostory lze rozdělit do tří samostatných skupin:

- místnost pro mechaniku
- zdrojová místnost
- blok pro chladicí věže nebo kondenzor systému vytápění, ventilace a klimatizace

U malých laboratoří je většinou místnost pro mechaniku spojena se zdrojovou místností.

Vybavení těchto prostor je dáno požadavky na ně kladenými a nebude v této práci uváděno.

Výběr umístění pro tyto prostory by měl vzít v úvahu též možné budoucí rozšíření budovy. Jedná se zejména o rozšíření pro jakékoliv podzemní nádrže a bloky kondenzoru, jejichž přemístění v budoucnosti by bylo velmi nákladné.

Kondenzory nebo bloky vodních věží musí být umístěny v blízkosti místnosti obsahující vzduchové vedení, aby byla délka potrubí minimální. Do těchto místností musí mít přístup mimo jiné vidlicový zvedák pro přemístění a instalaci těžkých zařízení.

Většina projektů umísťuje systém vytápění, ventilace a klimatizace do středu místnosti a zbývající zařízení rozmísťuje podél stěn. Toto prostorové rozložení umožňuje snadný přístup pro údržbu kritických součástí systému ovládajícího prostředí.

Některé projekty umožňují přístup do těchto místností pouze přes vnější dveře pro servis. S ohledem na výskyt nepříznivého počasí lze doporučit, aby byl umožněn přístup z vnitřních dveří pro servis.

Výběr mechanického zařízení umístěného v těchto prostorách a odolnost místnosti vůči zvuku musí zajišťovat hladinu hluku o hodnotě menší než 45 dB naměřenou v pracovních prostorách kalibrační laboratoře.

Některé projekty se nezabývají kontrolou teploty a vlhkosti. Lze doporučit, aby se kontrola teploty a vlhkosti prováděla neustále. Jedním z důvodů je, aby se zamezilo zmrznutí kapalin v zimě. Druhým důvodem je vytvoření oprávněného pohodlí pro pracovníky, kteří přicházejí do místností, aby pracovali se zařízením nebo aby prováděli údržbu. Naopak pro léto lze doporučit instalaci termostaticky ovládaného větráku s průduchem přes vnější stěnu, neboť zařízení pracující v těchto místnostech vydává určité teplo.

Provozní stroje by měly být voleny a instalovány tak, aby se zabránilo přístupu vibrací do kalibračních prostor. Lze doporučit použití vibračních izolačních bloků.

Všechna vzduchová vedení, potrubí a obvody připojené k budově musí mít v místech, kde procházejí stěnou hlavní budovy, pružné spoje, aby se tak zamezilo vstupu vibrací a hluku do kalibračních prostor.

Stroje, které produkují teplo, hluk nebo vibrace, by se měly umístit co nejdále od stěny kalibračních prostor, aby se zamezilo vlivu těchto vibrací a tepla na prostředí kalibračních prostor.

Uvnitř těchto místností by mělo být instalováno uzemnění zdroje budovy a také signální tyče, aby bylo možné provádět pravidelné kontroly elektrického uzemnění.

Instalované zdrojové panely by měly být jasně označeny. Toto označení má být čitelné a takového druhu, aby s časem nevybledlo.

Nouzové vypínače zdroje mají být zřetelně označeny pomocí bezpečnostních značek a měly by být snadno přístupné.

Elektrické přívody zařízení umístěného v těchto místnostech by neměly být připojeny na stejné přívody jako zbývající část dané budovy.

Podlahové desky, stěna a střecha musí být izolovány od podlah, stěn a střechy kalibračních prostor.

Vnější dvojité dveře by měly být tak široké, aby umožňovaly vstup uvažovaného zařízení včetně vidlicového zvedáku.

Pro snadný přístup zařízení a pro provádění kontrol i za nepříznivého počasí lze doporučit, aby byly pořízeny vnitřní dveře mezi těmito prostorami a kalibračními prostorami.

Lze doporučit použití utěsněných betonových nebo vinylových podlahových dlaždic.

Dále lze doporučit instalaci izolace a parotěsné zářázky, aby se zajistila zvuková izolace a celková kontrola laboratorního prostředí budovy.



## IV. SPECIFICKÉ VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH LABORATOŘÍ

### IV. 1 Laboratoř hmotnosti

Umístění laboratoře hmotnosti je pro kvalitu její činnosti velmi důležité. Pro velmi přesné kalibrace se tato laboratoř přednostně umísťuje v suchých prostorách pod úrovní okolního terénu nebo alespoň částečně pod úrovní přízemí. Obdobně, z jiného důvodu, je třeba tuto činnost provádět v přízemí, pokud jsou prováděny kalibrace velkých hmotností. Manipulace s nimi je náročná. Kalibrace těžkých závaží a vykládání těžkého zboží obvykle vyžaduje použití posuvného jeřábu, vysokozdvihných vozíků nebo výtahu.

V laboratoři hmotnosti je třeba maximální pozornost věnovat vibracím nebo nárazům vyvolaným místně nebo pocházejícím od okolí. Tyto nesmějí ovlivnit prováděné kalibrace. V laboratoři hmotnosti je negativní vliv vibrací patrný při všech měřeních hmotnosti, především však u hmotnostních vah. Prostory pro kalibraci měřidel hmotnosti a prostory referenčních etalonů mají být vybaveny seizmickou izolací.

V seizmicky izolovaných prostorách metrologické laboratoře špičkové úrovně nemá vibrační namáhání překročit:

- v rozsahu frekvence 0,1 Hz až 2 Hz 5 mg š-š (měří se servoakcelerometrem s dolnoproputným filtrem 10 Hz)
- v rozsahu frekvence 2 Hz až 10 kHz 1 mg š-š (měří se širokopásmovým piezoelektrickým akcelerometrem se zesilovačem)

Ve všech prostorách laboratoře musí být měřicí vybavení a etalony zatlumeny tak, jak se to vyžaduje pro opakovatelnost měření.

Při měření vibrací se musí akcelerometry namontovat na 15ti centimetrové kostky.

Snížení vlivu vibrací se často dosahuje pružným uložením zkoušeného citlivého měřicího zařízení na konzolách nebo jeho postavením do „pískové vany“. Jindy se používá podložení zařízení gumovými tlumiči, což jsou podložky naplněné vzduchem, někdy i ve vícenásobném navrstvení.

Postačí-li ke snížení vlivu vibrace snížení amplitudy, je možné toho dosáhnout hodně velkými hmotnostmi příslušného objektu, např. vybudováním dostatečně těžkého základu pod měřicí stroj.

Někdy se těžký základ umísťuje na pružné uložení, jindy se pružně ukládá celá místnost, v níž je základ umístěn. Takto vzniká tzv. „místnost v místnosti“. V tomto případě má odpružovaná vnitřní místnost betonové stěny tvořící hranol nebo krychli a je umístěna na pružinách další místnosti větších rozměrů. Meziprostor mezi oběma místnostmi lze využít např. jako chodbu. Uvedené prostory se používají jen u některých špičkových laboratořích.

Váhy pro přesná měření mají být instalované na stolech s tlumením vibrací.

Ve většině případů kalibrací prováděných v laboratoři hmotnosti nejsou požadavky na samotné hodnoty teploty okolního vzduchu nijak přísné. Teplota se zde může běžně pohybovat v rozmezí od 18°C do 25°C, případně až do 27°C.

Naopak na změny teploty prostředí laboratoři hmotnosti jsou kladené vysoké požadavky. Obvykle se uvádí, že stálost teploty v kalibrační laboratoři hmotnosti musí být zajištěna v rozmezí alespoň  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  po dobu několika hodin, aby se poskytla dostatečná stabilita v průběhu série váhových porovnání.

U vah pro velmi přesná měření se nesmí teplota ve skříní vah po dobu zkoušení změnit o více než  $0,3^\circ\text{C}$ .

Trvalý rozdíl teplot vzduchu v horizontální rovině misek vah po dobu zkoušení vah nesmí být větší než  $0,2^\circ\text{C}$ .

Elektronické váhy s vysokou přesností mohou vyžadovat teplotní stabilitu po delší časový interval, než je tomu u klasických mechanických vah.

Pro zdůraznění požadavku na vysokou stabilitu teploty kalibračních laboratoři hmotnosti uveďme jako příklad její vliv na činnost pákových elektronických vah. Změna teploty u nich způsobuje změnu rozměrů mechanických částí, změnu relativní polohy mezi vahadlem a snímačem polohy, změnu parametrů magnetu, měřicího odporu i dalších elektronických prvků. Pro stabilitu poměru ramen vahadla je nutné zachovat konstantní teplotní podmínky. Přestože rovnoměrný ohřev nezpůsobí změnu poměru, po dobu, než se teplota ustálí jsou výsledky měření zkreslovány. Proto se doporučuje, aby takové váhy byly trvale napájeny elektrickým proudem a vypínal se jen display a elektrické obvody nezpůsobující změnu teploty. Některé novější analytické váhy jsou vybaveny snímačem teploty, který dává automaticky povel ke kalibraci, změní-li se teplota magnetu o stanovenou hodnotu.

V souvislosti s výše uvedeným musí být zamezeno vzniku průvanu vzduchu a změnám tlaku. Proto je třeba alespoň v laboratořích etalonů hmotnosti umístit zapisovač barometrického tlaku.

Zdá se, že nejlepším řešením je opatřit tuto laboratoř vnější cirkulací vzduchu v prostorách mezi dvěma stěnami a pro potřebu člověka použít pouze malý (uzavíratelný) přívod/odvod vzduchu.

Čím dál více se uplatňuje názor, že přebudování starých budov je často mnohem nákladnější než stavba budov nových. Je třeba, aby si to uvědomili projektanti a při řešení umístění kalibračních laboratoři zvažovali seriózně potřeby, vzájemné souvislosti činností i možného nutného budoucího rozšíření předtím, než se započne s přestavbou starých budov.

Některé činnosti prováděné v kalibrační laboratoři hmotnosti jsou velmi citlivé na magnetická pole. Například silné magnety v blízkosti vah způsobují zkreslení údajů. Toto zkreslení navíc může být trvalé i po odstranění magnetů z blízkosti vah.

Při kalibraci vah je třeba zabezpečit horizontální polohu vah. Váhy musí být nastavené do vodorovné polohy pomocí vodováhy. Jinak vzniká nerovnoběžnost mezi směrem zemské tíže (má svislý směr) a magnetickou kompenzační silou (má kolmý směr na miskou).

U elektronických vah je nastavení do vodorovné polohy důležitější než u mechanických pákových vah, neboť u mechanických vah působí na vahadlo vždy jen tíže těles na břitech a tyto tíže jsou vždy rovnoběžné.

Tíhové zrychlení musí být známé. Pokud tomu tak není, musí být kalibrace například vah prováděna na místě, kde se používají, protože elektromagnetická kompenzační síla je nezávislá na tíhovém zrychlení, zatímco zdánlivé tíže těles na něm závislé jsou.

V kalibrační laboratoři hmotnosti je třeba věnovat maximální pozornost dodržování čistoty prostředí. Nejedná se jen o pravidelný a kvalitní úklid, ale též o realizaci všech konstrukčních a technologických zásad dodržování čistoty prostředí. Je třeba si uvědomit, že je třeba zabránit sebemenšímu usazování prachu na etalony hmotnosti a zamezit jejich jakémukoliv jinému znečištění. Tento požadavek je však třeba rozšířit i na jakékoliv přesnější zařízení používané v této laboratoři. Proto, aby se co nejvíce zabránilo znehodnocování kalibračních prací, musí být všechny etalony hmotnosti kalibrační laboratoře, případně i další přesná zařízení, uchovávány v uzavřených skříňkách.

Je vyloučeno zde provádět broušení, vrtání, pájení a čištění zařízení. K tomu musí sloužit samostatná místnost.

Je vhodné minimalizovat použití dřevěného nábytku v laboratoři hmotnosti. Lze však akceptovat pokrytí horních desek pracovních stolů laminátovým povrchem.

**SPECIFIKACE PODMÍNEK KALIBRAČNÍ LABORATOŘE PODLE JEJÍ KATEGORIE PRO OBOR MĚŘENÍ HMOTNOST**

Specifikace prostředí laboratoře	I.	II.	III.	IV.	Pozn.
Teplota	20°C ± 0,3°C	20°C ± 0,8°C	20°C ± 1°C	20°C ± 2°C	
Gradient teploty v = (90 až 150) cm	≤ ± 0,15° C	≤ ± 0,3° C	≤ ± 0,4° C	≤ ± 0,4° C	
Odchylky tepl. /hod	≤ 0,15° C	≤ 0,3° C	≤ 0,4° C	≤ 0,4° C	
Relativní vlhkost	(20 až 50)%	(20 až 50)%	(20 až 60)%	(20 až 60)%	
Změna relat. vlh./hod	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%	
Přetlak vzduchu	(10 až 20)Pa	(10 až 20)Pa	(0 až 20)Pa	(0 až 20)Pa	
Rychlost vzduchu v = (90 až 150) cm	0,1 m/s ± 0,05 m/s	0,15 m/s ± 0,05 m/s	0,2 m/s - 0,1 m/s	0,2 m/s - 0,1 m/s	
Počet výměn vzduchu za hodinu	15 až 20	15 až 20	neuváděn	neuváděn	
Hladina hluku	≤ 45 dB	≤ 50 dB	≤ 60 dB	≤ 70 dB	
Osvětlení	min 1000 lux	min 1000 lux	min 800 lux	min 800 lux	
Filtrace vzduchu	částice žádné	částice žádné	částice žádné	částice žádné	
≥ 50µm					
≥ 10µm	≤ 5.10 <sup>4</sup> částic	≤ 2.10 <sup>5</sup> částic	≤ 1.10 <sup>6</sup> částic	neuváděno	
≥ 1µm	≤ 3.10 <sup>5</sup> částic	≤ 1.10 <sup>6</sup> částic	≤ 1.10 <sup>7</sup> částic	neuváděno	
≥ 0,5µm	≤ 1,5.10 <sup>6</sup> čas.	≤ 1.10 <sup>7</sup> částic	≤ 3.10 <sup>8</sup> částic	neuváděno	
Vibrace					
(30 až 200) Hz	≤ 0,001 g	≤ 0,003 g	≤ 0,01 g	≤ 0,03 g	
(0,1 až 30) Hz	≤ 0,25µm	≤ 0,5 µm	≤ 1µm	≤ 3µm	
Napájecí napětí	U <sub>nom</sub> ± 10%	U <sub>nom</sub> ± 10%	U <sub>nom</sub> ± 10%	U <sub>nom</sub> ± 10%	

## IV. 2 Laboratoř tlaku

Laboratoř tlaku se umísťuje v přízemí budovy. Doporučuje se mít k dispozici strojní místnost, ve které se provádí též čištění měřidel předaných ke kalibraci.

Výsledky kalibrace nesmějí být ovlivňovány vibracemi nebo nárazy vyvolanými místně nebo pocházejícími od okolí. V laboratoři tlaku je negativní vliv vibrací patrný při všech měřeních tlaku, především však u rtuťových sloupců.

Opatření vedoucí ke snížení vlivu vibrací na měření prováděná v kalibrační laboratoři tlaku jsou obdobná jako u laboratoře hmotnosti.

V laboratoři tlaku je třeba udržovat velmi stálou stanovenou teplotu.

Činnosti prováděné v kalibrační laboratoři tlaku mohou být nebezpečné jak pro pracovníky laboratoře, tak pro její vybavení. Je třeba si uvědomit, že se zde pracuje s vysokými tlaky, případně se rtutí. Proto musí být provedena příslušná opatření snižující na minimum možné následky.

Některá opatření:

- mimo laboratoř vybudovat prostor a bezpečně v něm ukládat nádoby sloužící jako zdroje plynu vyšších tlaků
- v těsné blízkosti kalibračního zařízení vyšších tlaků instalovat stínění, jehož účelem je chránit operátora a další pracovníky od vysokého tlaku plynů, látek a předmětů
- zvážit umístění kalibračních zařízení vyšších tlaků v izolovaných prostorech laboratoře nebo v oddělené místnosti
- v kalibrační laboratoři nikdy neskladovat větší množství škodlivých, nebezpečných látek
- rozdělovat a správně ukládat chemické materiály a zařízení
- dle potřeby umísťovat bezpečnostní značky vysokého tlaku
- instalovat odpovídající bezpečnostní zařízení

Zvláštní pozornost si zaslouží prostory, v nichž se pracuje se rtutí. Rtuť a její sloučeniny musí být uloženy v suchých, dobře větraných prostorech bez kondenzace vlhkosti. Tam, kde je to možné, musí být umístěny mimo ostatní pracovní prostory a musí být používány jen těmi pracovníky, kteří se touto činností zabývají.

Prostory pro manipulaci se rtutí musí mít hladké podlahy nepropustné pro rtuť. Většinu povrchů lze utěsnit povrchovou vrstvou z polyuretanu modifikovaného olejem.

Pracovní stoly musí mít nepropustné povrchy a musí být dostatečně velké. Jejich okraje musí být dokola opatřené žlábkem pro zachycení rozlité rtuti. Pro snadné čištění se doporučuje, aby horní deska stolu byla z nerezavějící oceli. Musí být konstruovány tak, aby umožňovaly shromažďování rozlité rtuti.

Vnitřní ventilace musí zabezpečit 5 až 10 výměn vzduchu za hodinu.

Prostory pro manipulaci se rtuťí, ze kterých by se mohly rtuťové výpary šířit do ostatních pracovišť, musí být nepřetržitě větrány.

Na vstupních dveřích do kalibrační laboratoře tlaku musí být instalován dveřní zvonek. Tyto dveře musí být z bezpečnostních důvodů neustále uzamčeny.

Jako doplněk ke všem prostorám pro manipulaci se rtuťí jsou požadovány umývárny pro pracovníky. V těchto umývárkách musí být k dispozici mýdlo nebo jiný čistící prostředek na ruce.

V kalibračních postupech všech měřidel tlaku je předepisováno dovolené rozpětí atmosférického tlaku. Velmi často se pohybuje od 86 kPa do 106 kPa.

V kalibrační laboratoři tlaku je třeba věnovat maximální pozornost dodržování čistoty prostředí. Nejedná se jen o pravidelný a kvalitní úklid, ale též o realizaci všech konstrukčních a technologických zásad dodržování čistoty prostředí. Je třeba si uvědomit, že je třeba zabránit jakémukoliv znečištění pracovního média, zabránit sebemenšímu usazování prachu na etalony používané v této laboratoři, stejně jako zamezit jejich jakémukoliv jinému znečištění. Tento požadavek je však třeba rozšířit i na jakékoli přesnější zařízení používané v této laboratoři. Je vyloučeno zde provádět broušení, vrtání, pájení a čištění zařízení. K tomu musí sloužit samostatná místnost.

Je vhodné minimalizovat použití dřevěného nábytku v laboratoři tlaku. Lze však akceptovat pokrytí horních desek pracovních stolů laminátovým povrchem.

V závěru této části lze doplnit, že u menších laboratoří průmyslových kalibrací bývá kalibrace tlaku součástí kalibrační laboratoře hmotnosti a nevyžaduje samostatnou místnost. Jestliže se předpokládá, že činnosti související s průmyslovými kalibracemi jsou dostatečně důležité, je vhodné vytvořit zvláštní oddělení pro strojírenskou metrologii, která bude sdružovat rozměrovou metrologii, měření hmotnosti, síly, tlaku a tvrdosti.

**SPECIFIKACE PODMÍNEK KALIBRAČNÍ LABORATOŘE PODLE JEJÍ KATEGORIE PRO OBOR TLAK**

Specifikace prostředí laboratoře	I.	II.	III.	IV.	Pozn.
Teplota	$20^{\circ}\text{C} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \pm 0,8^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	
Gradient teploty $v = (90 \text{ až } 150) \text{ cm}$	$\leq \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	$\leq \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	$\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$	$\leq \pm 1,5^{\circ}\text{C}$	
Odchylky tepl. /hod	$\leq 0,5^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,5^{\circ}\text{C}$	$\leq 1^{\circ}\text{C}$	$\leq 1,5^{\circ}\text{C}$	
Relativní vlhkost	(20 až 50)%	(20 až 50)%	(20 až 60)%	(20 až 60)%	
Změna relat. vlh./hod	$\leq 2\%$	$\leq 2\%$	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$	
Přetlak vzduchu	(10 až 20)Pa	(10 až 20)Pa	(0 až 20)Pa	(0 až 20)Pa	
Rychlost vzduchu $v = (90 \text{ až } 150) \text{ cm}$	0,1 m/s $\pm 0,05 \text{ m/s}$	0,15 m/s $\pm 0,05 \text{ m/s}$	0,2 m/s - 0,1 m/s	0,2 m/s - 0,1 m/s	
Počet výměn vzduchu za hodinu	15 až 20	15 až 20	neuváděn	neuváděn	
Hladina hluku	$\leq 45 \text{ dB}$	$\leq 50 \text{ dB}$	$\leq 60 \text{ dB}$	$\leq 70 \text{ dB}$	
Osvětlení	min 500 lux	min 500 lux	min 500 lux	min 500 lux	
Filtrace vzduchu	částice $\geq 50\mu\text{m}$ žádné $\geq 10\mu\text{m}$ $\geq 1\mu\text{m}$ $\geq 0,5\mu\text{m}$	částice $\geq 50\mu\text{m}$ žádné $\geq 10\mu\text{m}$ $\geq 1\mu\text{m}$ $\geq 0,5\mu\text{m}$	částice $\geq 50\mu\text{m}$ žádné $\geq 10\mu\text{m}$ $\geq 1\mu\text{m}$ $\geq 0,5\mu\text{m}$	částice $\geq 50\mu\text{m}$ žádné $\geq 10\mu\text{m}$ $\geq 1\mu\text{m}$ $\geq 0,5\mu\text{m}$	
Vibrace (30 až 200) Hz (0,1 až 30) Hz	$\leq 0,001 \text{ g}$ $\leq 0,25\mu\text{m}$	$\leq 0,003 \text{ g}$ $\leq 0,5 \mu\text{m}$	$\leq 0,01 \text{ g}$ $\leq 1\mu\text{m}$	$\leq 0,03 \text{ g}$ $\leq 3\mu\text{m}$	
Napájecí napětí	$U_{\text{nom}} \pm 10\%$	$U_{\text{nom}} \pm 10\%$	$U_{\text{nom}} \pm 10\%$	$U_{\text{nom}} \pm 10\%$	

### IV. 3 Laboratoř frekvence

Kalibraci měřidel frekvence lze provádět ve vhodně klimatizované místnosti. Je však zapotřebí splnit některé požadavky na prostředí odpovídající elektrickým veličinám. Takovou laboratoř lze umístit v přízemí i některém z pater budovy.

Teplota v kalibrační laboratoři není nijak kritická. Dostačuje, je-li udržována v rozmezí několika stupňů, což lze většinou zajistit centrální klimatizací. V této souvislosti je vhodné poznamenat, že některé druhy nepřetržitě pracujících etalonů frekvence jsou konstruovány pro činnost při teplotě okolí maximálně 30°C, která nesmí být v žádném případě překročena. Vysoce stabilní oscilátory takových etalonů jsou vyhřívány na dosti vysokou teplotu, např. 70°C.

Nepříznivý stav však může nastat v laboratoři s otevíratelnými okny. Skoková změna teploty může způsobit podstatné změny frekvence. Proto je třeba se těchto stavů vyvarovat.

Vlhkost kalibrační laboratoře, stejně jako napájecí napětí, není pro měření frekvence kritickým parametrem.

Pokud se týká elektromagnetické a vysokofrekvenční interference lze konstatovat, že při standardních měřeních o dostatečně velkých napěťových úrovních zpracovávaných signálů EMI/RFI neovlivňuje výsledky prováděných kalibrací. Nevyžaduje se kalibrace ve stínící kleci.

Jiná situace nastává, pokud jsou ke kalibraci používány slabé signály vnějších vysílačů. Parazitní signály výpočetní techniky nebo mobilních telefonů způsobují nežádoucí zašumění signálů užitečných. Nejnepříznivější situace nastává při příjmu a zpracování dlouhovlnných signálů.

Laboratoř frekvence obvykle vyžaduje přívod anténního signálu do místnosti. Tento přívod, obdobně jako jiné přívody procházející stěnami do kalibračních místností s přetlakem, musí být náležitě upraven a utěsněn, aby se zabránilo ztrátě přetlaku v kalibrační místnosti. Umístění vstupních bodů závisí na umístění příslušných zařízení, např. časových přijímačů.

V závěru této části je vhodné uvést, že v převážné většině průmyslových kalibrací je kalibrace frekvence prováděna ve vyčleněné části laboratoře elektrických veličin a nevyžaduje samostatnou místnost.



**SPECIFIKACE PODMÍNEK KALIBRAČNÍ LABORATOŘE PODLE JEJÍ KATEGORIE PRO OBOR MĚŘENÍ FREKVENCE**

Specifikace prostředí laboratoře	I.	II.	III.	IV.	Pozn.
Teplota	23°C ± 2°C	23°C ± 2°C	23°C ± 3°C	23°C ± 3°C	
Gradient teploty v = (90 až 150) cm	≤ ± 1° C	≤ ± 1° C	≤ ± 1° C	≤ ± 1,5° C	
Odchylky tepl. /hod	≤ 1° C	≤ 1° C	≤ 1,5° C	≤ 1,5° C	
Relativní vlhkost	(20 až 50)%	(20 až 50)%	(20 až 60)%	(20 až 70)%	
Změna relat. vlh./hod	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%	≤ 3%	
Přetlak vzduchu	(10 až 20)Pa	(10 až 20)Pa	(0 až 20)Pa	(0 až 20)Pa	
Rychlost vzduchu v = (90 až 150) cm	0,1 m/s ± 0,05 m/s	0,15 m/s ± 0,05 m/s	0,2 m/s - 0,1 m/s	0,2 m/s - 0,1 m/s	
Počet výměn vzduchu za hodinu	15 až 20	15 až 20	neuváděn	neuváděn	
Hladina hluku	≤ 45 dB	≤ 50 dB	≤ 60 dB	≤ 70 dB	
Osvětlení	min 500 lux	min 500 lux	min 500 lux	min 500 lux	
Filtrace vzduchu	částice ≥ 50µm žádné ≥ 10µm ≥ 1µm ≥ 0,5µm	částice žádné ≤ 5.10 <sup>4</sup> částic ≤ 3.10 <sup>5</sup> částic ≤ 1,5.10 <sup>6</sup> čas.	částice žádné ≤ 2.10 <sup>5</sup> částic ≤ 1.10 <sup>6</sup> částic ≤ 1.10 <sup>7</sup> částic	částice žádné neuváděno neuváděno neuváděno	
Vibrace (30 až 200) Hz (0,1 až 30) Hz	≤ 0,002 g ≤ 0,25µm	≤ 0,005 g ≤ 0,5 µm	≤ 0,01 g ≤ 1µm	≤ 0,05 g ≤ 5µm	
Napájecí napětí	U <sub>nom</sub> ± 10%	U <sub>nom</sub> ± 10%	U <sub>nom</sub> ± 10%	U <sub>nom</sub> ± 10%	

Frekvence sítě	50Hz ± 3Hz	50Hz ± 3Hz	50Hz ± 3Hz	50Hz ± 3Hz	
Harmonické zkreslení	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%	
Zemnicí odpor	≤ 2 Ω	≤ 2 Ω	≤ 2 Ω	≤ 2 Ω	st. klec
Intenz. ruš. elm. pole	≤ 100 μV/m	≤ 100 μV/m	neuváděno	neuváděno	

#### IV.4 Potřebné plochy

V následujícím budou uvedeny potřeby ploch jednotlivých kalibračních laboratoří. Vycházejí ze zkušeností několika malých a středně velkých metrologických organizací. Je třeba podotknout, že v těchto plochách nejsou uvažovány potřebné administrativní plochy, neboť je výhodné, je-li administrativní činnost prováděna v prostorách oddělených od výkonných prostor.

Plocha podlahy potřebná pro jednotlivé kalibrační laboratoře závisí samozřejmě na rozsahu a objemu práce, kterou bude třeba provádět. Základním požadavkem však je, aby byla k dispozici odpovídající plocha, poněvadž přeplnění může mít vliv na účinnost a přesnost prováděných činností. V nově budované laboratoři by se měla provést taková opatření, aby bylo možné celé zařízení a poskytované služby v budoucnu rozšířit.

Všechny místnosti, v nichž pracují pracovníci, musí být navrženy s ohledem na dva základní faktory:

- vzhledem k funkci dané místnosti a
- s ohledem na pohodlí a efektivní činnost příslušných pracovníků.

Tyto podmínky samozřejmě vyžadují v některých aspektech příležitostné kompromisy. Například místnosti v suterénu tvoří často ideální metrologické laboratoře. Teplota okolního prostředí je stabilní, místnosti jsou bez vibrací, hladinu osvětlení lze snadno kontrolovat a regulovat. Avšak mnoho pracovníků shledává dlouhodobou činnost pod úrovní přízemí za skličující a dává přednost práci ve větších místnostech nadzemních. Proto by měly být k trvalému provádění činností tyto suterénní prostory používány jen v odůvodněných případech.

Příklady velikostí ploch typických laboratoří daných oborů měření:

#### Hmotnost

Laboratoř pro kalibraci měřidel hmotnosti včetně jemných závaží a vah třídy II	25m <sup>2</sup> až 50 m <sup>2</sup>	Suterén- zvláštní klimatizace
Zkoušení vah třídy III a IV až do 30 kg	40 m <sup>2</sup> až 70 m <sup>2</sup>	Suterén nebo přízemí
Zkoušení plošinových vah a velkých vah	50 m <sup>2</sup>	Strojní hala
Kalibrace těžkých zkušebních závaží pro mostové váhy	25 m <sup>2</sup>	Strojní hala
Vykládací prostor pro zkušební nákladní auta	50 m <sup>2</sup>	Strojní hala
Ukládací prostor pro těžká zkušební závaží	25 m <sup>2</sup>	Strojní hala

#### Tlak

Kalibrace měřidel přetlaku, pístové manometry, deformační manometry, převodníky tlaku	50 m <sup>2</sup> až 75 m <sup>2</sup>	Přízemí
Kalibrace měřidel podtlaku	30 m <sup>2</sup>	Přízemí
Kalibrace měřidel absolutního tlaku	30 m <sup>2</sup> až 50 m <sup>2</sup>	Přízemí
Příprava, čištění, malá strojní dílna	25 m <sup>2</sup>	Přízemí

#### Frekvence

Kalibrace měřidel frekvence	30 m <sup>2</sup>	Přízemí, patro
-----------------------------	-------------------	----------------

## **V. ZÁVĚR**

Zkušenosti z posuzování kalibračních laboratoří v České republice ukazují, že prostředí většiny z nich neodpovídá požadavkům nutným k zajištění požadované přesnosti měření.

V České republice není dosud k dispozici žádný technický dokument, který by je uváděl, třeba i jen jako doporučení.

Na základě výše uvedeného lze konstatovat, že tato práce je vhodnou informací, kterou mohou využívat odpovědní pracovníci metrologie i projektanti a konstruktéři při zpracování požadavků na prostředí laboratoří, jejich projektování, přejímání laboratoří nových nebo upravovaných a monitorování jejich vlastností.